MISCELLANEA GEOGRAPHICA

WARSZAWA 1986

Marek Prószyński

UNE METHODE D'ANALYSE AREOMETRIQUE DU SOL

L'idée de l'application d'un aréomètre comme instrument de mesure granulométrique appartient à Bouyoucos, mais c'est A. Casagrande qui a élaboré une théorie de l'analyse aréométrique. En 1949, nous avons proposé un procédé plus simple, destiné à l'usage courant, permettant d'obtenir très vite la masse des fractions granulométriques exprimées en pourcentage de la masse totale de l'échantillon sec. Les calculs nécessaires sont simples (quelques soustractions), on n'a besoin d'aucun procédé graphique [1].

PRINCIPES DE LA METHODE

Lorsque les minéraux mêlés à un milieu liquide plus léger s'affaissent par la gravitation, on peut — à l'aide d'un aréomètre immergé dans cette suspension — comparer le changement de la densité de la suspension par rapport à la densité de ce milieu liquide, restant à la même température dans un autre cylindre.

D'après le comportement de l'aréomètre, on peut déterminer la masse des grains de dimension plus petite et de dimension plus grande par rapport à une limite préalablement fixée. Les grains plus petits restent en suspension au-dessus de la bulle de l'aréomètre, tandis que les grains plus grands se trouvent en ce moment déjà au-dessous de la bulle. Peu à peu, la densité de la suspension diminue.

Dans les sols la plupart des grains plus grands que 2 microm. ont une masse spécifique à peu près de 2,65 g. cm^{-3} (quartz, plagioclases résistants).

Dans ce cas, l'échantillon du sol préparé pour faire l'analyse granulométrique à l'aide de l'aréomètre doit avoir 40,15 g, mais si l'échantillon est humide, il faut augmenter ce poids en ajoutant un supplément égal

[1] En allemand, l'instruction de l'usage de cet aréomètre spécial et des tables fut publiée dans *Untersuchungsmethoden des Bodenstrukturzustandes*, Berlin 1968, pp. 180—188, et en russe, dans *Metodičeskoie rukovodstvo po izučeniu počvennoy struktury* [Manuel méthodique pour examiner la structure du sol], Leningrad 1969, pp. 171—180. On s'appuie sur la théorie générale de Casagrande, cf. *Die Aräometermethode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden*, Berlin 1934.

à la masse de l'eau capillaire et hygroscopique. Pour préparer la solution on ajoute de l'eau distillée avec 2 g de carbonate de sodium déshydraté ou d'un autre agent désagrégeant. On fait bouillir la suspension pendant 30 minutes. Après refroidissement, on peut ajouter un peu d'eau avec une petite quantité de colloïde protecteur contre la coagulation, par ex. de la gomme arabique (dissoudre 1,5 g). On place alors la suspension dans un cylindre en verre (diamètre interne = 60 mm, la marque de 1000 cm^3 doit se trouver à la hauteur de 353 mm à peu près — au-dessous du fond, la hauteur entière du cylindre = 40 cm env.). La quantité de la suspension doit être 1000 cm^3.

Tout près, on place un autre cylindre avec le même liquide, mais sans échantillon, pour comparer la densité, ainsi qu'un cylindre plus bas, à moitié rempli d'eau, qu'on appelle „remise de l'aréomètre" (la bulle doit être trempée assez longtemps avant la lecture sur l'échelle). Chaque fois quand on retire l'aréomètre pour le remettre dans un cylindre, on doit essuyer et sécher sa tige. Le bulle doit rester mouillée.

Au commencement de la sédimentation, la suspension doit être bien homogénéisée par rotation: à cet effet, on doit boucher le cylindre et — en le tenant entre les mains — exécuter énergiquement des demi-tours (de bas en haut) pendant 30 sec. Ensuite, on place vite le cylindre sur une table immobile. Depuis ce moment, on compte au début les secondes, puis les minutes et les heures. D'après les tables spéciales, on doit enfoncer au moment convenable l'aréomètre et faire la lecture sur l'échelle. Si de l'écume se trouve à la surface du liquide, il faut instiller quelques gouttes d'alcool amyl. dans les deux cylindres pour diminuer la tension superficielle. Dans ce cas, la forme du ménisque change de la même manière dans l'un et dans l'autre.

UTILISATION DES TABLES DE LA DUREE DE SEDIMENTATION

Pour effectuer une analyse, il faut d'abord savoir quelle table de sédimentation correspond à un échantillon donné. A cet effet, on détermine approximativement le pourcentage des grains de diamètre inférieur à 20 micromètres — et on examine le comportement de l'aréomètre dans la suspension 10 min. après le commencement de la sédimentation. Peu après, il faut examiner la position du ménisque sur l'échelle de l'aréomètre enfoncé dans le liquide ne contenant pas d'échantillon. Pour obtenir la valeur recherchée, il faut soustraire le chiffre de la seconde mesure à celui de la première.

La liste suivante donnera le numéro de la table recherchée.

Quantité approximative des grains plus petits que 20 micromètres		n° de la table
	A. Pour les sables	
0— 4 %	. . . . .	1
4— 8	. . . . .	2
8— 12	. . . . .	3
12— 20	. . . . .	4
	B. Pour les limons hétérogènes	
20— 30	. . . . .	5
30— 40	. . . . .	6
40— 50	. . . . .	7
50— 65	. . . . .	8
	C. Pour les sables poudreux, limons fins et loess	
12— 20	. . . . .	9
20— 30	. . . . .	10
30— 55	. . . . .	11
	D. Pour les argiles	
55— 80	. . . . .	12
80—100	. . . . .	13

Les résultats du pesage au moyen de l'aréomètre des grains plus petits que 0,1 mm (ou plus grands que cette limite) ne sont pas suffisamment précis à cause de la vitesse avec laquelle on doit faire les lectures sur l'échelle qui se meut. D'ordinaire, on omet cette phase de l'analyse aréométrique et on se contente de l'usage d'un tamis pour séparer les grains plus grands que 0,1 mm. En ce cas, on commence l'analyse aréométrique plus d'une minute après la fin du brouillement de la suspension. C'est suffisamment précis et ce n'est pas difficile.[2]

[2] La masse de l'aréomètre „de Prószyński" est de 69,8 g env. La bulle en est très allongée; son diamètre — 30 mm. La tige: longueur 245 mm env., diamètre 5,5 mm. La distance entre les marques de la densité 1,000 et de la densité 1,025 doit être 74 mm, Entre ces deux points l'échelle doit être divisée en 100 parties — „traits de pourcentage" dessinées en rouge (les cinquièmes et les dixièmes — en bleu). Le trait de la densité 1,000 est marqué „40", le trait 1,025 porte le nombre „140".

Tables de la durée de sédimentation depuis la pose du cylindre jusqu'à la lecture sur l'échelle de l'aréomètre de Prószyński

Température de la suspension	Diamètre équivalent des grains restés en suspension plus petits que				
	0,1 mm	50 micr.	20 micr.	6 micr.	2 micr.
A. Tables pour les sables friables et sables limoneux					
	n° 1 — Sable incohérant (mouvant), — 0 — 2% de l'argile				
28°C	23,5s	1 min 37 s	10 min 08 s	1 h 53 min	16 h 58 min
27	24,0	1 39	10 20	1 55	17 19
26	24,5	1 41	10 33	1 57	17 40
25	25,0	1 43	10 46	2 00	18 02
24	25,5	1 45	11 00	2 02	18 25
23	26,0	1 47	11 14	2 05	18 48
22	26,5	1 49	11 29	2 07	19 13
21	27,0	1 51	11 44	2 10	19 39
20	28,0	1 54	12 00	2 13	20 05
19	28,5	1 57	12 16	2 16	20 32
18	29,5	1 59	12 33	2 19	21 01
17	30,0	2 02	12 51	2 23	21 31
16	31,0	2 05	13 10	2 26	22 02
	n° 2 — Sable très peu cohérent, — 2 — 3% de l'argile				
28°C	23,0 s	1 min 35 s	10 min 03 s	1 h 52 min	16 h 54 min
27	23,5	1 37	10 15	1 54	17 14
26	24,0	1 39	10 27	1 56	17 36
25	24,5	1 41	10 40	1 59	17 58
24	25,0	1 43	10 53	2 01	18 21
23	25,5	1 45	11 08	2 04	18 44
22	26,0	1 47	11 22	2 06	19 09
21	26,5	1 50	11 37	2 09	19 34
20	27,0	1 52	11 53	2 12	20 01
19	27,5	1 55	12 09	2 15	20 29
18	28,0	1 57	12 26	2 18	20 58
17	29,0	2 00	12 44	2 22	21 27
16	29,5	2 03	13 03	2 25	21 58
	n° 3 — Sable limoneux, léger, — 3 — 5% de l'argile				
28°C	22,0 s	1 min 32 s	9 min 53 s	1 h 51 min	16 h 49 min
27	22,5	1 34	10 05	1 53	17 09
26	23,0	1 36	10 18	1 55	17 30
25	23,5	1 38	10 31	1 58	17 52
24	24,0	1 40	10 44	2 00	18 15
23	24,5	1 42	10 58	2 03	18 38
22	25,0	1 44	11 12	2 05	19 02
21	25,5	1 47	11 26	2 08	19 27
20	26,0	1 49	11 42	2 11	19 54
19	26,5	1 52	11 58	2 14	20 21
18	27,5	1 54	12 15	2 17	20 49

1	2	3	4	5	6
17	28,0	1 57	12 32	2 20	21 19
16	28,5	2 00	12 50	2 23	21 50
	n° 4 — Sable limoneux — limon sableux, par ex. les restants du lessivage du limon sableux léger, — 5 — 8% de l'argile				
28°C	21,0 s	1 min 29 s	9 min 42 s	1 h 50 min	16 h 42 min
27	21,5	1 31	9 53	1 52	17 02
26	22,0	1 33	10 05	1 54	17 23
25	22,5	1 35	10 18	1 57	17 45
24	23,0	1 37	10 31	1 59	18 07
23	23,5	1 39	10 45	2 02	18 30
22	24,0	1 41	10 49	2 04	18 54
21	24,5	1 43	11 13	2 07	19 19
20	25,0	1 45	11 28	2 10	19 46
19	25,5	1 48	11 44	2 13	20 13
18	26,0	1 50	12 00	2 16	20 41
17	27,0	1 53	12 17	2 20	21 10
16	27,5	1 56	12 35	2 23	21 41

B. Tables pour les limons ayant la composition granulométrique hétérogène (moraines, certaines alluvions et colluvions)

	n° 5 — Limon sableux léger, moins de 15% de l'argile				
28°C	20,5 s	1 min 27 s	9 min 29 s	1 h 48 min	16 h 31 min
27	21,0	1 29	9 40	1 51	16 51
26	21,5	1 31	9 52	1 53	17 12
25	22,0	1 33	10 04	1 55	17 33
24	22,5	1 35	10 17	1 58	17 55
23	23,0	1 37	10 30	2 00	18 18
22	23,5	1 39	10 44	2 03	18 42
21	24,0	1 41	10 58	2 05	19 07
20	24,5	1 43	11 13	2 08	19 33
19	25,0	1 46	11 28	2 11	20 00
18	25,5	1 48	11 44	2 16	20 28
17	26,0	1 51	12 01	2 17	20 56
16	27,0	1 53	12 18	2 21	21 26
	n° 6 — Limon sableux moyen, environ 15% de l'argile				
28°C	19,5 s	1 min 23 s	9 min 12 s	1 h 46 min	16 h 18 min
27	20,0	1 25	9 23	1 48	16 38
26	20,5	1 27	9 34	1 50	16 58
25	21,0	1 29	9 46	1 53	17 19
24	21,5	1 30	9 58	1 55	17 41
23	22,0	1 32	10 11	1 57	18 03
22	22,5	1 34	10 24	2 00	18 27
21	23,0	1 36	10 38	2 03	18 52
20	23,5	1 38	10 52	2 06	19 17
19	24,0	1 41	11 07	2 09	19 43
18	24,5	1 43	11 22	2 12	20 10
17	25,0	1 45	11 38	2 15	20 39

1	2	3	4	5	6
16	25,5	1 48	11 55	2 18	21 09
	n° 7 — Limon sableux près de la limite du limon argileux--sableux, 20% de l'argile				
28°C	19,5 s	1 min 21 s	8 min 58 s	1 h 45 min	16 h 04 min
27	20,0	1 23	9 09	1 47	16 23
26	20,0	1 24	9 20	1 49	16 43
25	20,5	1 26	9 31	1 51	17 04
24	21,0	1 28	9 42	1 53	17 29
23	21,5	1 30	9 55	1 56	17 47
22	22,0	1 32	10 07	1 58	18 11
21	22,5	1 34	10 21	2 00	18 35
20	23,0	1 36	10 35	2 03	19 00
19	23,5	1 38	10 49	2 06	19 26
18	24,0	1 40	11 04	2 09	19 53
17	24,5	1 43	11 20	2 13	20 21
16	25,0	1 45	11 37	2 16	20 50
	n° 8 — Limon compact contenant peu de sable et d'argile (env. 10 — 25% de l'argile)				
28°C	19,0 s	1 min 19 s	8 min 31 s	1 h 40 min	16 h 16 min
27	19,5	1 21	8 41	1 42	16 36
26	19,5	1 23	8 51	1 44	16 56
25	20,0	1 24	9 02	1 46	17 17
24	20,5	1 26	9 13	1 49	17 39
23	21,0	1 28	9 25	1 51	18 01
22	21,5	1 30	9 37	1 53	18 25
21	22,0	1 32	9 50	1 56	18 50
20	22,5	1 34	10 03	1 58	19 15
19	23,0	1 36	10 17	2 01	19 41
18	23,5	1 38	10 31	2 03	20 08
17	24,0	1 40	10 45	2 06	20 37
16	24,5	1 43	11 00	2 09	21 06

C. Tables pour les sables fins (sablons) poudreux, limons fins et pour le loess

	n° 9 — Sable fin poudreux (limoneux), moins de 5% de l'argile				
28°C	18,5 s	1 min 26 s	9 min 51 s	1 h 51 min	16 h 49 min
27	19,0	1 28	10 03	1 53	17 09
26	19,5	1 30	10 15	1 55	17 30
25	20,0	1 32	10 28	1 58	17 52
24	20,0	1 34	10 41	2 00	18 15
23	20,5	1 36	10 54	2 03	18 38
22	21,0	1 38	11 08	2 05	19 02
21	21,5	1 40	11 23	2 08	19 27
20	22,0	1 42	11 39	2 11	19 54
19	22,5	1 45	11 55	2 14	20 21
18	23,0	1 47	12 12	2 17	20 49
17	23,5	1 50	12 29	2 20	21 19
16	24,0	1 52	12 47	2 23	21 50

1	2	3	4	5	6
	n° 10 – Limon sablonneux poudreux alluvial et loess sablonneux (5 – 10% de l'argile)				
28°C	19,0 s	1 min 21 s	9 min 29 s	1 h 49 min	16 h 39 min
27	19,0	1 23	9 40	1 51	16 59
26	19,5	1 24	9 52	1 54	17 20
25	20,0	1 26	10 04	1 56	17 42
24	20,5	1 28	10 17	1 59	18 04
23	21,0	1 30	10 30	2 01	18 27
22	21,5	1 32	10 44	2 04	18 51
21	22,0	1 34	10 58	2 06	19 16
20	22,5	1 36	11 13	2 09	19 43
19	23,0	1 38	11 28	2 12	20 10
18	23,0	1 40	11 44	2 15	20 38
17	24,0	1 42	12 01	2 18	21 07
16	24,5	1 45	12 18	2 22	21 38
	n° 11 – Limon fin et loess (plus de 10% de l'argile)				
28°C	17,5 s	1 min 16 s	8 min 59 s	1 h 47 min	16 h 19 min
27	18,0	1 18	9 10	1 49	16 33
26	18,0	1 19	9 21	1 51	16 59
25	18,5	1 21	9 32	1 53	17 20
24	19,0	1 22	9 44	1 55	17 42
23	19,5	1 24	9 56	1 58	18 04
22	20,0	1 26	10 08	2 01	18 28
21	20,0	1 28	10 22	2 04	18 53
20	20,5	1 30	10 36	2 07	19 18
19	21,0	1 32	10 50	2 10	19 44
18	21,5	1 34	11 05	2 13	20 11
17	22,0	1 36	11 21	2 16	20 40
16	22,5	1 38	11 38	2 19	21 10

D. Tables pour les argiles

	n° 12 – Limon argileux (texture „argileuse", en allemand *lehmiger Ton* = argile limoneux, 30 – 45% de l' argile)				
28°C	19,0 s	1 min 18 s	8 min 25 s	1 h 40 min	15 h 23 min
27	19,5	1 19	8 35	1 42	15 41
26	19,5	1 21	8 45	1 44	16 00
25	20,0	1 22	8 56	1 46	16 20
24	20,5	1 24	9 07	1 49	16 41
23	21,0	1 26	9 19	1 51	17 02
22	21,5	1 28	9 31	1 53	17 24
21	21,5	1 30	9 43	1 56	17 47
20	22,0	1 32	9 56	1 58	18 10
19	22,5	1 34	10 10	2 01	18 35
18	23,0	1 36	10 24	2 03	19 01
17	23,5	1 38	10 38	2 06	19 27
16	24,5	1 40	10 53	2 09	19 54

1	2	3	4	5	6
	n° 13 – Argile (plus de 45% de l'argile)				
28°C	18,0 s	1 min 13 s	7 min 46 s	1 h 32 min	14 h 40 min
27	18,0	1 14	7 55	1 34	14 59
26	18,5	1 16	8 05	1 36	15 18
25	19,0	1 17	8 19	1 38	15 38
24	19,5	1 19	8 25	1 40	15 58
23	20,0	1 21	8 35	1 42	16 18
22	20,5	1 23	8 46	1 44	16 39
21	20,5	1 25	8 57	1 47	17 02
20	21,0	1 27	9 09	1 49	17 23
19	21,5	1 29	9 21	1 52	17 47
18	22,0	1 31	9 33	1 55	18 11
17	22,5	1 33	9 46	1 57	18 36
16	23,0	1 35	10 01	2 00	19 03